

Estimación del área foliar en *Heliconia bihai* (L.) L. y *H. latispatha* Benth.

Norberto Maciel De Sousa* y Eybar Rojas*

Resumen

El área foliar de plantas de la cuarta generación de *Heliconia bihai* (L.) L. y *H. latispatha* Benth. cultivadas bajo 40 y 100% de luminosidad, fue medida con planímetro y comparada con el área estimada de las mismas. Las estimaciones fueron obtenidas mediante ecuaciones polinomiales, exponenciales y logarítmicas que consideraban separadamente las variables longitud, ancho y longitud por ancho. No se encontraron diferencias del área foliar entre las dos condiciones de luminosidad. Las ecuaciones polinomiales fueron las que mejor estimaron el área foliar en ambas especies. El producto de la longitud por el ancho fue la variable independiente que mejor estimó el área de acuerdo a las siguientes ecuaciones: $Y = -16,29 + 0,75X$ ($R^2 = 0,975$) para *H. bihai* y $Y = -15,10 + 0,74X$ ($R^2 = 0,972$) para *H. latispatha*. Sin embargo, se obtuvo una estimación bastante aproximada y que requiere menor tiempo de aplicación, la cual utiliza la longitud como variable única en las siguientes ecuaciones polinomiales: $Y = -99,18 + 11X + 0,08X^2$ ($R^2 = 0,946$) y $Y = -103 + 9,92X + 0,09X^2$ ($R^2 = 0,949$), para *H. bihai* y *H. latispatha*, respectivamente.

Abstract

Estimating leaf area for *Heliconia bihai* and *H. latispatha*. Leaf area of plants of 4th. generation of *Heliconia bihai* (L.) L. and *H. latispatha* Benth., was measured with a planimeter and compared with its estimated leaf area, under 40% and 100% light intensity. Leaf area was estimated by polynomial, exponential, and logarithmic equations based on length, width, and length multiplied by width. There were no leaf area differences between plants under different light intensities. The polynomial equations were the best estimators of leaf area in both species. The independent variable length multiplied by width was the best estimator of leaf area (*H. bihai* $Y = -16,29 + 0,75X$, $R^2 = 0,975$; *H. latispatha* $Y = -15,10 + 0,74X$, $R^2 = 0,972$). Nevertheless the use of length as a single variable in a polynomial equation gave a very close and faster approach to it (*H. bihai* $Y = -99,18 + 11X + 0,08X^2$, $R^2 = 0,946$; *H. latispatha* $Y = -103 + 9,92X + 0,09X^2$, $R^2 = 0,949$).

Introducción

Las heliconias (familia Heliconiaceae) en general son plantas herbáceas, rizomatosas, de inflorescencia terminal (Criley, 1985). Sus hojas son enteras, pecioladas y envainadoras, las cuales se imbrican formando un pseudotallo (Aristeguieta, 1961). Algunas especies de esta familia, han adquirido importancia en la horticultura ornamental, en los últimos años (Criley, 1990).

Heliconia bihai (L.) L. y *H. latispatha* Benth., son dos de las especies autóctonas

reportadas para Venezuela (Maciel, 1989). Ambas, crecen formando densas macollas de individuos, de aspecto musoides, comúnmente conocidos como plantanillo o bijao. Ambas especies han sido descritas con anterioridad (Anderson, 1981; Anderson, 1985b).

El área de la lámina foliar de una planta, debido a su relación con los procesos fotosintéticos, es una medida del crecimiento ligada a su potencialidad y productividad (Ackey et al., 1958; Fernandez y Arias, 1989). En numerosos cultivos se ha estudiado y correlacionado el área foliar con la variedad, la época del año, la edad y densidad de plantación, la

*Posgrado de Horticultura, Decanato de Agronomía, UCLA.

fertilidad del suelo y la irrigación, entre otros (Fernandez y Arias, 1989).

Bajo condiciones experimentales y durante las primeras cuatro generaciones, *H. bihai* y *H. latispatha* mostraron variación en el número de hojas por planta entre especies, generaciones y diferentes condiciones de luz, para la misma especie. En tanto que el número de hojas activas, al momento de la floración, fue semejante (Maciel, 1991).

De los métodos ideados para medir el área de la lámina foliar, el planímetro es de los más usados (Fernandez y Arias, 1989; Kobayashi y Veunten, 1984). Este método destructivo y consumidor de tiempo es utilizado como patrón de comparación para generar ecuaciones (Fernandez y Arias, 1989). Las ecuaciones permiten estimar, posteriormente, el área foliar en función de las dimensiones lineales de longitud (L), ancho (A), o el producto de ambas (L x A) en lámina foliar, sin necesidad de afectar las funciones fisiológicas de la planta, y con economía de tiempo, tanto en la medición como en los cálculos (Fernandez y Arias, 1989; Obiefuna y Ndubizu, 1979).

Uno de los métodos conocidos para estimar el área foliar es descrito por la fórmula: $Y = b_0 (L \times A)$. Este método, es utilizado en el bananero (Fernandez y Arias,

1989; Obiefuna y Ndubizu, 1979). En otros cultivos, se utilizan ecuaciones de regresión para estimar el área foliar (Ascenso y Soost, 1976; Manivel y Weaver, 1974).

En la caracterización de las especies de heliconias del subgénero *Stemochlamys*, Anderson (1985a) al calcular el área foliar usó dos ecuaciones (ambas, correspondientes a la fórmula señalada para el bananero), variables según el tamaño de la hoja. Cuando la longitud de las hojas era superior a 50 cm, consideró un b_0 de 0,8 (igual al del bananero) en la ecuación, mientras que en las menores o iguales a 50 cm de longitud asumió un b_0 de 0,25. Sin embargo, la forma y tamaño de la lámina foliar de las hojas de heliconias varía con la especie y la posición en elseudotallo.

El objeto de este trabajo fue validar la fórmula $Y = b_0 (A \times L)$ sugerida para heliconias, en las especies *H. bihai* y *H. latispathas*, y analizar la posibilidad de disponer de un método más rápido, práctico y confiable para estimar el área foliar.

Materiales y Metodos

Se muestrearon al azar, plantas de las especies *H. bihai* y de *H. latispatha*, que representaban los diferentes estados de desarrollo, correspondientes a la cuarta generación después de cutiva-

dos los rizomas en el campo de los Posgrados de Agronomía de la UCLA, en Tarabana, a 510 m.s.n.m, bajo dos condiciones de luminosidad: a plena exposición (100% de luminosidad) y bajo sombra (umbráculo que permitía la entrada del 40% de luminosidad).

De estas plantas, se separaron 101 hojas activas, no dañadas de *H. bihai* y 103 de *H. latispatha*, que comprendían desde la primera hoja laminada hasta la antecesora a la hoja "bandera" (hoja que antecede a la inflorescencia). Para cada especie fueron dibujadas las siluetas de la lámina foliar y medida la longitud, anchura (en la parte más ancha) y el área utilizando un planímetro. Luego se agruparon según la longitud en: ≤ 50 cm y > 50 cm, para considerar el posible cambio de forma en la lámina señalada por Anderson (1985a).

La sumatoria de las áreas medidas con planímetro fue determinada en cada una de las especies y comparada con las obtenidas mediante las fórmulas señaladas por el mencionado autor. Se calculó la desviación del área estimada con respecto a la medida.

También, mediante un programa computarizado se analizó por regresión parcial, el área medida con planímetro, como variable dependiente (Y), contra las variables independientes (longitud, an-

cho, y largo por ancho). Se probaron los modelos de regresión lineal, polinomial, logarítmico y exponencial para los grupos de hojas ya mencionados y para el total de las hojas.

Resultados y Discusión

En las plantas de *H. bihai* y *H. latispatha*, pertenecientes a la cuarta generación y cultivadas bajo 40% y 100% de luminosidad, la lámina foliar cambió en tamaño y en forma con la sucesión de hojas, desde la primera hasta la anterior a la hoja bandera. En 32 hojas de *H. bihai* de longitud menor o igual a 50 cm, el área varió desde 4,2 hasta 743,3 cm². Las mayores de 50 cm (69 hojas) estuvieron entre 629,3 y 2799,7 cm². En 44 hojas iguales o menores a 50 cm de longitud de *H. latispatha* el área varió desde 9,5 a 575 cm² mientras que las superiores a 50 cm (59 hojas) estuvieron entre 597,3 y 2660,0 cm².

Los análisis de varianza univariados realizados para el área foliar de cada especie no mostraron diferencias estadísticas significativas los tratamientos de 40 y 100% de luminosidad para ningún tamaño de hoja. Debido a ello, los análisis de las relaciones entre el área foliar y sus dimensiones fueron realizados sin considerar la luminosidad.

Los valores del área foliar del total de las hojas, medidas con planímetro, y del área estimada mediante fórmulas señaladas por Anderson (1985a), pueden observarse en el Cuadro 1. Se ve que dichas fórmulas sobreestiman el área foliar. Así, los porcentajes de desviación entre el área medida y la estimada fueron cercanos al 8% en *H. bihai* y al 10% *H. latispatha*.

Los análisis de regresión para el área foliar (Y) fueron todos significativos a $P < 0,01$ para el total de hojas en ambas especies. Esto, tomando en consideración los modelos lineal, polinomial, exponencial y logarítmico, evaluados por separado para las variables independientes de longitud, ancho y longitud por ancho. Igualmente, los análisis de las hojas agrupa-

Cuadro 1. Comparación entre el área foliar (Y) de *H. bihai* y *H. latispatha* medida y la estimada utilizando las ecuaciones sugeridas por Anderson (1985a).

Especie y Nº Hojas	Ecuación según Tamaño Lámina (cm)	Area Total Medida (cm ²) (ATM)	Area Total Estimada (cm ²) (ATE)	Desviación (% Z)
<i>H. bihai</i>	hojas ≤50 cm			
32	$Y = 0,25\pi LxA$	10.004,20	10.867,30	8,63
	hojas >50 cm			
69	$Y = 0,8 LxA$	96.968,70	105.474,10	8,77
<i>H. latispatha</i>	hojas ≤50 cm			
44	$Y = 0,25\pi LxA$	13.281,20	14.618,57	10,07
	hojas >50 cm			
59	$Y = 0,8 LxA$	75.587,80	82.775,90	9,51

Y = área; L = largo; A = ancho
Z = $(ATE - ATM) \times 100 / ATM$

das según la longitud de lámina fueron significativos al 1%.

En el Cuadro 2 se resumen las ecuaciones que presentan la menor variación no explicada $((1-R^2) \times 100)$ para cada variable independiente y agrupación de hojas. Los me-

nores valores de variación no explicada corresponden a las ecuaciones de la variable longitud x ancho (LxA), y los mayores los presentó el grupo de hojas mayores a 50 cm de largo, para las tres variables independientes.

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión parcial que estiman el área foliar de *H. bihai* y *H. latispatha* con menor variación no explicada para longitud, ancho y longitud x ancho, grupos de hojas por su longitud.

Especie y Variable Independiente	Largo Lámina	Ecuación de Regresión	Variación no Explicada
<i>H. bihai</i>			
Longitud (L)	≤50 cm	$Y = -13,54 + 3,74X + 0,19X^2$	9,1
	>50 cm	$Y = 93,29 + 6,96X + 0,1X^2$	12,9
	Total	$Y = -99,18 + 11X + 0,08X^2$	5,4
Ancho (A)	≤50 cm	$Y = 28,77 - 15,88X + 4,11X^2 - 0,09X^3$	12,1
	>50 cm	$Y = 1730,38 - 162,5X + 6,41X^2$	32,6
	Total	$Y = 22,523 \text{ Exp } (0,179X)$	12,4
L x A	≤50 cm	$Y = 1,17 + 0,72X$	2,1
	>50 cm	$Y = -46,89 + 0,76X$	6,2
	Total	$Y = -16,29 + 0,75X$	2,5
<i>H. latispatha</i>			
Longitud (L)	≤50 cm	$Y = 50,99 - 11,55X + 0,99X^2 + 0,01X^3$	11,9
	>50 cm	$Y = -361,73 + 16,48X + 0,05X^2$	12,4
	Total	$Y = -103 + 9,92X + 0,09X^2$	5,1
Ancho (A)	≤50 cm	$Y = 16,476 \text{ Exp } (0,215X)$	10,7
	>50 cm	$Y = 5417,14 - 641,46X + 26,2X^2 - 0,26X^3$	24,9
	Total	$Y = 28,272 \text{ Exp } (0,172X)$	9,4
L x A	≤50 cm	$Y = 18,02 + 0,67X$	11,4
	>50 cm	$Y = -46,93 + 0,76X$	6,5
	Total	$Y = -15,10 + 0,74X$	2,8

La Figura 1 (A, B, C) muestra la relación entre las variables longitud, ancho y longitud x ancho, respectivamente, con el área de las hojas en *H. bihai*. La misma relación para *H. latispatha* se observa en la Figura 2 (A, B, C). Todas corresponden a la ecuación con mayor coeficiente de determinación.

Los análisis de regresión presentados señalan que las evaluaciones establecidas con

la variable largo por ancho de la lámina tiene mayor certeza para predecir el área en cualquier largo de hoja, en ambas especies.

Para la variable (LxA), la ecuación es lineal y los coeficientes en ésta son bastante cercanos en ambas especies. Los valores de variación no explicada son inferiores al 2,8%. Si se comparan éstos con los porcentajes de desviación encontra

dos entre el área medida y la determinada con las ecuaciones sugeridas por Anderson (1985a), se observa que el modelo de regresión lineal estima con menor error el área foliar.

Ascenso y Soost (1976) señalaron, en cítricos, que la variable seleccionada dependerá del grado de precisión requerido en la estimación. El medir en las dos dimensiones (LxA) requiere de mayor trabajo. Además, la medición del ancho de la hoja en ambas especies de *Heliconia* presenta mayor dificultad que medir el largo por la imprecisión de ubicar el punto de mayor anchura, siendo muy difícil la toma de esta información de plantas creciendo en campo.

Los análisis también sugieren que la utilización de la variable longitud de la hoja aportó los valores de estimación más cercanos a la mejor variable estimadora (LxA). Los porcentajes de variación no explicada obtenidos con la variable longitud de la hoja fueron cercanos a 5%.

Conclusiones

No hubo diferencias entre las magnitudes de las áreas de las láminas de *H. bihai* y *H. latispatha*, en plantas de la cuarta generación y cultivadas bajo 40 y 100% de luminosidad.

De las ecuaciones de regresión estudiadas, la poli-

nomial que incluía la variable de longitud por ancho fue la que mejor estimó el área en ambas especies.

La ecuación polinomial que contenía la variable longitud permitió una buena estimación del área foliar.

Literatura citada

1. Ackley, W.B., P.C. Crandall y T.S. Rusell. 1958. The use of linear measurements estimating leaf area. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72:326-330.
2. Anderson, L. 1981. Revision of *Heliconia* Sect. *Heliconia* (Musaceae). Nordic J. Bot. 1(6):759-784.
3. Anderson, L. 1985a. Revisión of *Heliconia* Subgen. *Stenochlamis* (Musaceae-Heliconioidae). Opera Bot. 82(1).
4. Anderson, L. 1985b. Musaceae. Flora of Ecuador 22:1-87.
5. Aristiguieta, L. 1961. El género *Heliconia* en Venezuela. Instituto Botánico, MAC, Caracas.
6. Criley, R.A. 1975. *Heliconia*. In: Handbook of Flowering. Vol III. A.H. Halevey (ed.). CRC Press. Boca Raton Florida. pp.125-129.
7. Ascenso, J. S. y R.K. Soost. 1976. Relationships between leaf surface area and linear dimensions in seeding *Citrus* populations. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101(6):696-698.

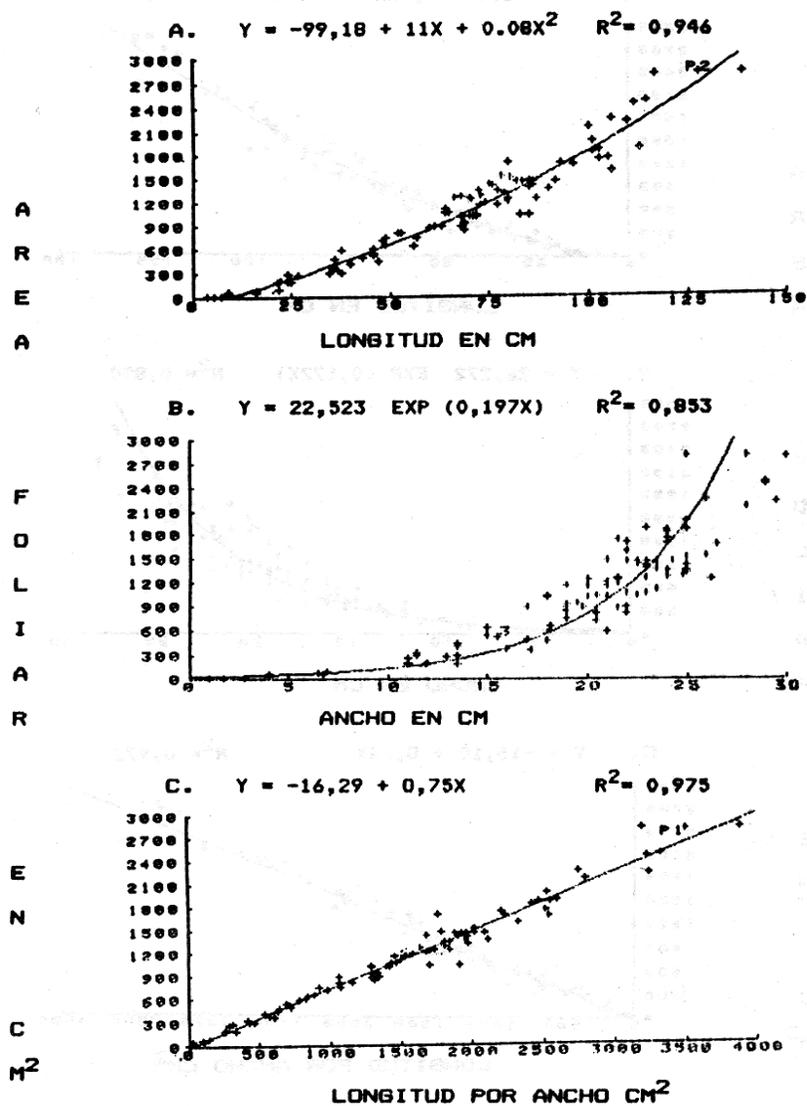


Figura 1. Relación entre Longitud (A), Ancho (B), Longitud por Ancho (C) de la Lamina y el área foliar en *H. bihai*.

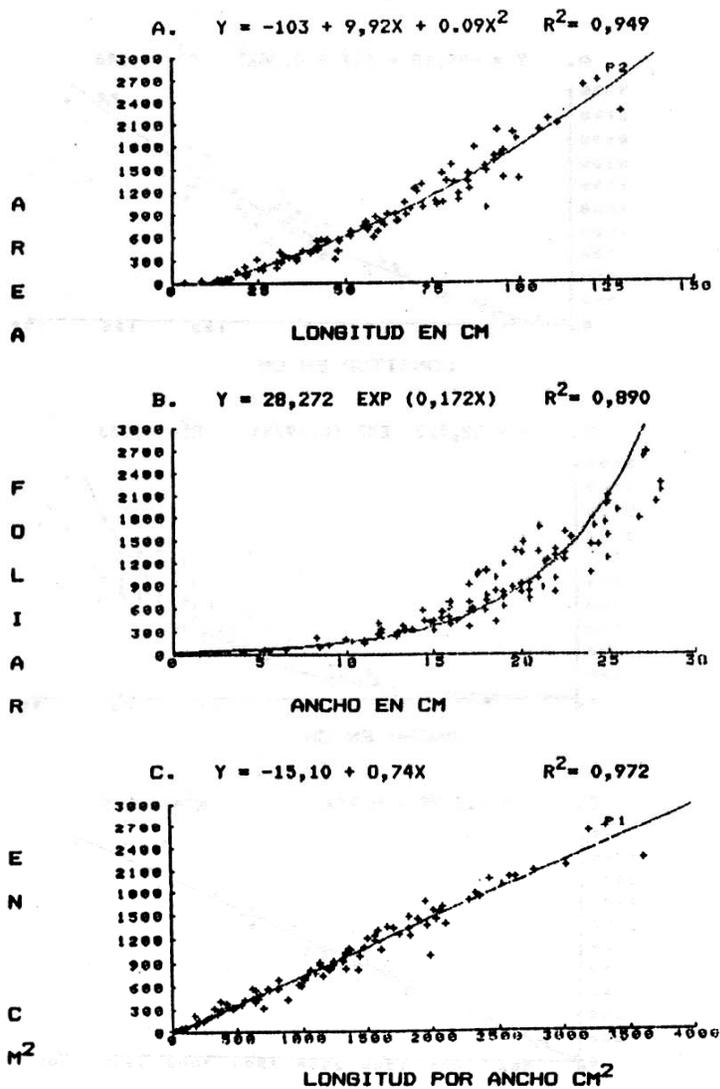


Figura 2. Relación entre Longitud (A), Ancho (B), Longitud por Ancho (C) de la Lamina y el área foliar en *H. latispatha*.

8. Criley, R.A. 1990. Production of *Heliconia* as cut flower and their potential as new potted plants. Univ. Hawaii. Hort. Digest. 92:11-13.
9. Fernandez, N. y E. Arias. 1989. Estimación del área foliar en cultivos I y II. Boletín de Reseñas Suelos y Agroquímicos N° 15 y 16. Cida (Cuba).
10. Kobayashi, K.D. 1984. Estimating leaf area for "ka-kea" and "keaa" macadamia. Hortscience 19(3):413-415.
11. Maciel de S, N. 1989. Las especies de *Heliconia* de Venezuela. IV Jornadas de Investigación de la Escuela de Agronomía. UCLA. Mimeografiado. Barquisimeto (mimeografiado).
12. Maciel de S, N. de S. 1991. Consideraciones sobre el género *Heliconia*. Crecimiento, desarrollo y floración de *H. biahhi* y *H. lathispatha* Benth, bajo diferentes luminosidades. Tesis de Magister Scientiarum en Horticultura. UCLA. Barquisimeto.
13. Manivel, L. y R. Weaver. 1974. Biometric correlation between leaf area and length measurements in "Grenache" grape leaves. Hortscience 9(1):27-28.
14. Obiefuna, y T.O.C Ndubizu. 1979. Estimating leaf area of plantain. Scientia Hortic. 11(1):31-36.